從青綠到繽紛-淺談彩色甜椒果實轉色

農試所遺傳生技組 林思妤 李承彬 陳靜 林大鈞　退休人員 王昭月

一、前言

走進市場，繽紛亮麗的彩色甜椒(以下簡稱彩椒) 總讓人眼睛一亮，常見的有紅色、黃色、橘色，這些顏色其實是不同品種在完全成熟時的最終色彩。彩椒果實在生長初期大多是綠色的，隨著成熟度增加逐漸轉色，過程中可能出現紫色、咖啡色等中間色調，這是果實內部色素變化的自然現象。而果實是否順利轉色，會影響甜度與外觀品質，因此對農民而言，正確的掌握彩椒轉色階段，判斷適當的採收時機，是提升產量與收益的關鍵。本文將介紹彩椒轉色機制與影響因素，使讀者更了解彩椒從青綠轉為繽紛的過程，同時提供實用的田間管理與採收建議。

二、彩椒果實轉色的基本原理

彩椒果實的「轉色」是指從未成熟階段的綠色 (極少數為白色)，隨著果實逐漸成熟，轉變至最終顏色的過程 (圖一)。大多數彩椒在發育初期含有大量葉綠素而呈現出綠色，但隨著成熟度增加，葉綠素開始降解，加上果實內的其他色素生合成如類胡蘿蔔素 (Carotenoids) 或花青素 (Anthocyanins) 等，於是顯現出各種顏色。換言之，不同品種由於色素種類不同，成熟的最終顏色也各有不同，其中最常呈現的果色是紅色，其次為黃色及橘色等。

從綠色到最終果色的過程中，彩椒也會短暫呈現紫色、咖啡色或墨綠等中間色，這些變化是由於葉綠素仍未完全降解，而類胡蘿蔔素或花青素還在快速生合成當中，兩大類色素同時存在所呈現出的中間顏色。以紅色彩椒為例，可能會經歷咖啡色或紫色的中間色 (圖二)，最後才呈現出紅色或暗紅色。

三、影響轉色的關鍵因素

有許多因素會影響彩椒轉色的速度或色澤，主要為品種特性、氣候條件及田間管理。理解這些基本原理和因素，有助於栽培者更精準地察看彩椒的成熟度，掌握適當的採收期，確保品質與商品價值。

作　　者：林思妤助理研究員
連絡電話：04-23317355

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0001

(一)品種特性 (內在的基因特性)

彩椒的最終果色和轉色過程中的中間果色，都是由多個果色基因共同調控的一連串生合成途徑所表現出來的顏色 (Rodriguez-Uribe *et al*. 2012)。例如該品種若帶有辣椒紅素玉紅素合成酶 (Capsanthin capsorubin synthase，簡稱 CCS) 的*Ccs*基因，在順利走完一連串的生合成途徑後，可合成辣椒紅素(Capsanthin)或辣椒玉紅素 (Capsorubin)等紅色色素，那麼果實最終會轉為紅色。若*Ccs*基因失去功能，經由類胡蘿蔔素生合成途徑中間β-胡蘿蔔素羥化酶 (β-carotene hydroxylase) 的*CrtZ*-2等基因調控下，可合成並累積葉黃素 (Lutein) 或玉米黃素 (Zeaxanthin)，於是使果實呈現出黃橙色或橘色。

另外，果實是否退綠，也是果色完成轉色的關鍵因素之一。彩椒果實在發育初期多含有大量葉綠素，葉綠素必需完全分解，才能使果實的綠色退去。果實退綠是由葉綠素降解基因 *sgr* (stay-green) 所調控 (Borovsky & Paran 2008)，其中

圖一、彩椒果實在未成熟階段多為綠色，隨著逐漸成熟，轉變為紅色(左圖)、黃色(右圖)或橘色等最終果色。

圖二、彩椒果實顏色由綠色，歷經咖啡色，最後呈現紅色。

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0001

PaO氧化酶 (pheophorbide a oxygenase簡稱PaO) 的代謝路徑是綠色消失的關鍵路徑，也是影響轉色或轉色快慢的主因。但是上述參與轉色的多種基因常常與環境有明顯的交感作用，受到溫度、光照與植株營養等因子影響。故整體而言，在品種特性、氣候環境及栽培管理等多重調控下，彩椒果實轉色是一個複雜且整合性的問題。

(二)氣候條件

日照量充足可促進葉綠素分解，並增加類胡蘿蔔素等色素累積。但是高溫 (均溫30℃以上) 會影響類胡蘿蔔素代謝反應，尤其不利於下游產物-辣椒紅素 (Capsanthin) 或辣椒玉紅素 (Capsorubin) 的生合成，這也是高溫下部分紅色彩椒無法順利轉紅的主因之一 (圖三)。為緩解高溫下轉色不易問題，在臺灣中南部的春、夏作栽培，會利用遮光網處理，降低栽培環境溫度，以減輕轉色障礙的發生。此外，低溫 (均溫15℃~18℃) 容易造成轉色停滯或轉色緩慢，使果實延長在中間色的停留時間，例如久久停留在紫色、咖啡色等階段，因而延遲最後轉紅的時程。但另方面而言，巧妙地利用適當的低溫卻可生產色彩繽紛、多種果色的彩椒商品 (圖四)，例如紫色、咖啡色或乳白色等彩椒，是臺灣冬季可以生產的種類。

(三)田間管理

適量水分管理可維持果肉細胞的正常膨壓，降低果面裂痕產生，增加果實光澤度。肥料方面，氮肥過高會延遲轉色；在果實發育期，適度補充鉀肥則可以提高果實的色澤。此外，良好的整枝與疏果，可以讓果實接受均勻分布的光線，有助於著色。例如，在秋冬季第一次及第二次結果期間需要切實進行整枝作業，除去太多的內向側芽，養成雙幹或三幹主枝，可利於果實轉色及後續的開花著果。反之，在春夏季採果後期，

圖三、高溫影響彩椒轉色，使果實顏色無法順利轉紅，停留在咖啡色。

圖四、靈活運用溫度控制與採收、後熟時間，可生產色彩繽紛、多種果色的彩椒商品。

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0001

則需保留多一點的葉片或部分側芽，以減輕高溫、高日射量，減少果實日燒生理障害的發生，也能幫助果實在高溫環境中順利轉色。

四、轉色與採收時機的拿捏

要判斷彩椒是否成熟，最直觀的方式是觀察外觀果色；而最好的採收時機是果實表面已無綠斑，果色均一完成該品種的最終果色。觸感方面，成熟果實需具有一定的硬度和光澤；若因轉色困難而太晚採收的果實，容易伴隨果實軟化的情形，因而喪失商品價值。

在實務上，農民為因應採收排程、氣候變化 (尤其是高溫下不易轉色發生時)，或避免市場過於集中出貨，會提前採收尚未完全轉色的綠熟果實，隨後再實施人工轉色或後熟處理。然而，若採收時彩椒的轉色面積過少 (低於 60%)，即使經後熟處理，也可能因葉綠素尚未完全降解，以及最終果色的色素 (如辣椒紅素、辣椒玉紅素等) 生合成量不足，導致果實無法順利表現出品種應有的鮮紅、亮黃或橙色等顏色，進而影響果實外觀、甜度，降低市場商品價值。因此，掌握正確的轉色程度，判斷適時採收期，是確保品質與收益的關鍵。

五、提升轉色品質和櫥架壽命的小撇步

想讓彩椒轉得快、轉得漂亮，除了選對品種與掌握採收時機外，栽培管理也同樣重要。在栽培管理上，適當疏果、整枝可幫助光照均勻分布到果實表面，避免果面轉色不均或僅有半邊轉色。著果期的水分管理也非常重要，土壤保持微濕就好，若遭遇連續降雨，一定要馬上排除積水，以免裂果及根部腐爛，影響轉色與果實生育；此外，也要避免結果期乾旱，以免果實生長受阻、轉色延遲。

未完全轉色的果實 (轉色面積須達60%以上)，可採取人工催色處理來完成轉色。在 25–27℃、高濕度 (相對濕度90%以上) 環境下放置 3–7天，多數可順利完成轉色；但不同品種反應略有差異，實際催色前可先少量測試。此外，採收後如需延後出貨，亦可先行預冷處理 (如壓差預冷、室冷)，再儲放於7.5–10℃、90–95%相對濕度的冷藏環境，最多可保鮮3–5週。適時採收加上採後處理搭配得宜，不僅能讓彩椒顏色鮮豔、硬度佳，也能延長銷售期、提升整體收益。

六、結語

彩椒的轉色過程，不僅關係到果實的外觀，更會影響甜度及口感，是農產品價值的關鍵環節。從葉綠素退去、色素累積，到採收與後熟處理，每一個階段都需要農民細心察看與適當管理。不同品種的轉色機制與速度各異，再加上氣候與田間條件的變化，唯有靈活因應、彈性調整採收策略，才能確保品質與產量雙贏。建議農友在判斷採收時，不僅看表色，更要了解果實內部是否轉色完全且均一，必要時配合人工催色與冷鏈管理，可提升整體出貨品質。

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0001